

## EUROPEAN PATENT OFFICE

EP 23379 @

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 58133774  
 PUBLICATION DATE : 09-08-83

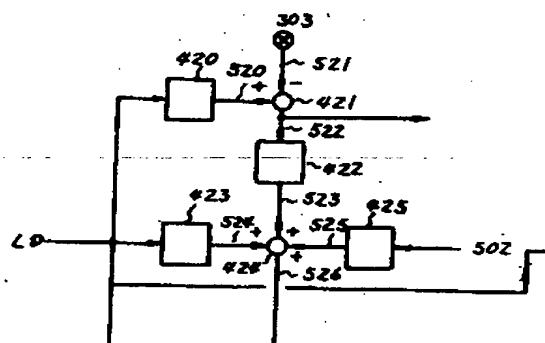
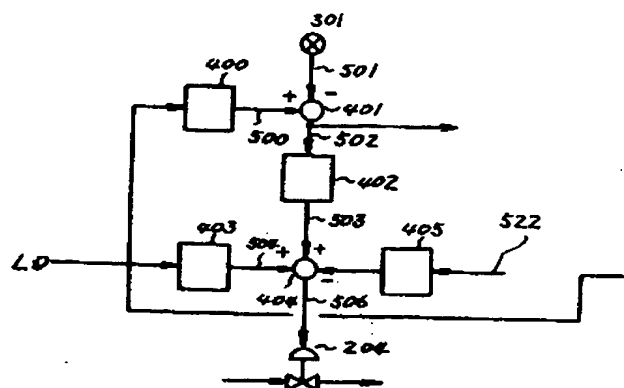
APPLICATION DATE : 01-02-82  
 APPLICATION NUMBER : 57015410

APPLICANT : HITACHI LTD;

INVENTOR : MIYAZAKI TERUNOBU;

INT.CL. : H01M 8/04 H01M 8/06

TITLE : CONTROL SYSTEM OF FUEL CELL  
 POWER GENERATING PLANT



**ABSTRACT :** PURPOSE: To maintain in a given value the hydrogen concentration in a hydrogen gas and the oxygen concentration in an oxygen gas in the outlet of a fuel cell by adjusting the recycle flow rate of the hydrogen gas and the oxygen gas of the fuel cell so that the hydrogen concentration and the oxygen concentration keep a given value.

**CONSTITUTION:** When a cell output increased, the consumption of hydrogen is increased. Hence hydrogen concentration 501 in the cell outlet is decreased, and so as to compensate this decrease a feedback controller 402 opens a valve 204 to recover the hydrogen concentration 501 in the cell outlet. But when the valve 204 is opened, main hydrogen gas pressure 521 is decreased, and the recover of the main hydrogen gas pressure 521 is slow since the response of a fuel reformer is slow. Because when the valve 204 is controlled only by the hydrogen concentration 501, the main hydrogen gas pressure 521 continues to decrease, that is corrected with a main hydrogen gas pressure deviation signal 522.

**COPYRIGHT:** (C)1983,JPO&Japio

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—133774

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 01 M 8/04  
8/06

識別記号

庁内整理番号  
7268—5H  
7268—5H

⑬ 公開 昭和58年(1983)8月9日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 10 頁)

⑭ 燃料電池発電プラント制御システム

日立市国分町1丁目1番1号株式会社日立製作所国分工場内

⑯ 特 願 昭57—15410

⑯ 発 明 者 宮崎照信

⑰ 出 願 昭57(1982)2月1日

日立市大みか町5丁目2番1号株式会社日立製作所大みか工場内

⑯ 発 明 者 野村政英

日立市幸町3丁目1番1号株式会社日立製作所日立研究所内

⑰ 出 願 人 株式会社日立製作所

⑯ 発 明 者 佐藤美雄

日立市幸町3丁目1番1号株式会社日立製作所日立研究所内

東京都千代田区丸の内1丁目5番1号

⑯ 発 明 者 泉谷稔

⑱ 代 理 人 弁理士 高橋明夫

明 細 書

発明の名称 燃料電池発電プラント制御システム

特許請求の範囲

1. 混合成分の原燃料を水素ガスに改質する燃料改質装置、圧縮した酸素ガスを供給するための空気供給系統および供給された水素ガスと酸素ガスの反応により電流を出力する燃料電池で構成される燃料電池発電プラントにおいて、燃料電池出口の水素濃度に応じて燃料電池の水素ガス再循環流量を調節することを特徴とする燃料電池発電プラント制御システム。

2. 特許請求の範囲第1項記載の燃料電池発電プラント制御システムにおいて、負荷指令の関数として燃料電池の水素ガス再循環流量をフィード・フォワード制御すると共に、燃料電池出口の水素濃度に応じて燃料電池の水素ガス再循環流量を補正制御することを特徴とする燃料電池発電プラント制御システム。

3. 特許請求の範囲第1項記載の燃料電池発電プラント制御システムにおいて、負荷指令の関数として燃料電池出口の水素濃度設定値を決め、これらの設定値と燃料電池出口の水素濃度との偏差をフィード・バック制御処理した信号により燃料電池の水素ガス再循環流量を調節することを特徴とする燃料電池発電プラント制御システム。

4. 特許請求の範囲第1項記載の燃料電池発電プラントにおいて、燃料電池出口の酸素濃度に応じて燃料電池の酸素ガス再循環流量を調節することを特徴とする燃料電池発電プラント制御システム。

5. 特許請求の範囲第4項記載の燃料電池発電プラント制御システムにおいて、負荷指令の関数として燃料電池の酸素ガス再循環流量をフィード・フォワード制御すると共に、燃料電池出口の酸素濃度に応じて燃料電池の酸素ガス再循環流量を補正制御することを特徴とする燃料電池発電プラント制御システム。

6. 特許請求の範囲第4項記載の燃料電池発電プラント制御システムにおいて、負荷指令の関数として燃料電池出口の酸素濃度設定値を決め、この

設定値と燃料電池出口の酸素濃度との偏差をフィード・バック制御処理した信号により燃料電池の酸素ガス再循環流量を調節することを特徴とする燃料電池発電プラント制御システム。

#### 発明の詳細な説明

本発明は、燃料電池発電システムの制御に係り、特に急速な負荷追従を要求される燃料電池の制御システムに関する。

従来の燃料電池制御システムは、燃料電池および水素発生装置（改質装置あるいはリフォーマと呼ばれる）、空気供給系から成る燃料電池発電システムをそれぞれ独立した制御装置により制御する構成になっていた。すなわち、燃料電池発電システムは、第1図にその概略を示す如く、天然ガス（LNG）およびナフサを原燃料として供給する原燃料（天然ガス）調節弁200および原燃料（ナフサ）調節弁217により原燃料（天然ガス115およびナフサ116を混合した複合燃料）101および水素気流量調節弁201により供給される水素気102を入手し、電池205の出口

気118を調節する補助燃料調節弁208および補助空気量調節弁220、電池出口水素ガスおよび電池出口空気を再循環させる水素再循環ファン209、水素再循環量調節弁210および空気再循環ファン218、空気再循環量調節弁218がある。

ところで、このような燃料電池発電システムで問題となるのは、燃料電池出口の水素ガスおよび酸素ガスの濃度である。すなわち、燃料電池は、供給される水素ガス中の水素および酸素ガス中の酸素を所定の量だけ消費し、燃料電池を出た水素ガス中の未反応水素および酸素ガス中の未反応酸素が、燃料改質装置の熱源として利用されるときに燃料電池発電システムの効果は最大になるように設計されている。

したがって、燃料電池出口の水素ガス中の水素濃度および酸素ガス中の酸素濃度が所定の値からはずれると燃料電池発電システムの効率が低下するという問題がある。

本発明の目的は、燃料電池出口の水素ガス中の

の水素ガス107を燃料として熱を得、水素リッチ・ガス103を生成する改質装置202、水素リッチ・ガス103に含まれる一酸化炭素COを水蒸気と反応させ、炭酸ガスCO<sub>2</sub>と水素H<sub>2</sub>を生成させ主水素ガス104を得るシフト・コンバータ203、電池入口水素ガス105の流量を調節する電池水素ガス調節弁204、電池で使用する酸素を供給するため、改質装置排ガス108を動力源とし、空気110を加圧する空気供給系206、空気供給系206で作られた加圧空気111から電池で必要とする電池入口空気112を得る電池空気量調節弁207、電池205、およびガス中の水分を回収する水分回収熱交換器211、213、215で構成され、水素と酸素の反応により電池出力電流106を得るシステムである。また、電池出口水素ガス107は、改質装置202の熱源および空気供給系206の動力源として使用された後、排ガス109として空気中に排出される。このほか、改質装置202の起動のために使用する補助燃料114および補助空

水素濃度および酸素ガス中の酸素濃度を所定の値に保ち、燃料電池発電プラントの効率を向上させ得る燃料電池発電プラント制御システムを提供するにある。

本発明は、燃料電池出口の水素ガス中の水素濃度および酸素ガス中の酸素濃度を所定の値に保ち、燃料電池発電プラントの効率を向上させるために、燃料電池出口の水素濃度および酸素濃度が所定の値になるように燃料電池の水素ガスおよび酸素ガス再循環流量を調節するところに特徴がある。

本発明による燃料電池発電プラント制御システムは、大きく次の4つに分けられる、

- (1) 燃料電池制御系（第2図参照）
- (2) 改質装置制御系（第3図参照）
- (3) 空気供給系の制御系（第5図、第6図参照）
- (4) 再循環系の制御系（第7図参照）

以下、4つの制御系の一実施例により具体的にその制御方法を説明する。

第2図は、燃料電池制御系の一実施例を示したものである。図でまず、中給からの負荷指令LD

の関数として電池出口水素濃度設定値発生器400から電池出口水素濃度設定値500を得、電池出口水素濃度検出器301で測定された電池出口の水素濃度信号501との偏差502を求め(減算器401)、比例・積分等のフィード・バック制御演算を実施し(フィード・バック制御器402)、フィード・バック制御信号502を得る。一方、フィード・フォワード制御器403では、中給からの負荷指令LDの関数として弁204のフィード・フォワード制御信号504を求める。基本的には、このフィード・フォワード制御信号504とフィード・バック制御信号503の加算により弁204への操作信号506を決するが、電池水素ガス調節弁204の前圧すなわち主水素ガス圧力偏差信号522(第3図参照)でこの弁204への操作信号を補正する。

このような補正を加えたことによる効果を電池出力が増加した場合を例に説明する。すなわち、電池出力が増加すると電池内で消費される水素量が増加する。このため、電池出口の水素濃度501

が低下し、これを補償するようにフィード・バック制御器402が動き、弁204を開くことにより、電池出口の水素濃度501を回復させる。ところが、弁204を開けば、主水素ガス圧力521が低下するが、一般に、燃料改質装置202(第1図)の応答が遅いため、主水素ガス圧力521の回復が遅い。このように、電池出口の水素濃度501のみで弁204を制御すると主水素ガス圧力521が低下し続けるという問題が生じる。主水素ガス圧力偏差信号522で補正する効果はここにある。すなわち、上記例では、主水素ガス圧力偏差522は正の方向に増加し、加算器404を介し、弁204を閉じる方向に動く。すなわち、弁204が一方向的に開くのを抑制するという機能を持ち、主水素ガス圧力521の変動を抑える効果がある。機能ブロック405は、上記趣旨から、単なる比例でも良いし、ある閾値を超えた時のみ動き、弁204の信号をホールドするという方法も考えられる。要するに、主水素ガス圧力521の変動を抑制する機能を弁204の制御系に付加

するものであればよい。

第2図の電池空気量調節弁207も全く同様に、電池出口酸素濃度設定値発生器406により中給からの負荷指令LDの関数として電池出口酸素設定値507を得、電池出口酸素濃度検出器302で測定された酸素濃度信号508との偏差を求め(減算器407)、比例・積分等のフィード・バック制御演算を実施し(フィード・バック制御器408)、フィード・バック制御信号510を得る。一方、フィード・フォワード制御器409では、中給からの負荷指令LDの関数として弁207のフィード・フォワード制御信号511を求める。弁207の操作信号513は、このフィード・フォワード制御信号511の他に、フィード・バック制御信号510、空気量調節弁前圧(主空気圧力)偏差信号562により決められる。ブロック411の機能及び効果は、ブロック405と全く同様である。

次に、改質装置制御系の一実施例を第3図を用いて説明する。図でまず電池水素ガス調節弁204

の前圧である主水素ガス系圧力設定値発生器420では、中給からの負荷指令LDの関数で主水素ガス系圧力設定値520を求める。次に、主水素ガス系圧力検出値521との偏差522を求め(ブロック421)、比例・積分等のフィード・バック制御演算を実施し(ブロック422)、フィード・バック制御信号523を決定する。一方、フィード・フォワード制御器423では、中給からの負荷デマンドLDの関数として原燃料デマンドのフィード・フォワード制御信号524を求める。又、ブロック425は、第2図に示した電池出口水素濃度偏差信号502を入力し、弁204の動作と協調して弁200・217を動作させるための機能であり、弁204に対応する弁200・217の信号525を計算する。原燃料デマンド信号526は、これら3つの信号523、524、525の和として求められる。

次に、上で得られた原燃料デマンド信号526に従って弁200および弁217を用いて原燃料量を操作するが、これについて説明する。まず

主水素ガス系水素濃度設定値発生器432により中給からの負荷指令LDの関数として主水素ガス系水素濃度設定値534を得、主水素ガス系水素濃度検出器305で測定された水素濃度信号535との偏差を求め(減算器433)、比例・積分等のフィード・バック制御演算を実施し(フィード・バック制御器434)、フィード・バック制御信号537を求める。一方、フィード・フォワード制御器435では、中給からの負荷指令LDの関数として弁200の原燃料分担率のフィード・フォワード制御信号538を求める。弁200の原燃料分担率539は、このフィード・フォワード制御信号538の他に、フィード・バック制御信号537により決められる。弁200の操作信号540は、原燃料デマンド526に弁200の原燃料分担率539を掛けて求められる(乗算器437)。また、弁217の操作信号543は、定数1に相当する信号541から弁200の原燃料分担率539を差引き(減算器438)、得られた弁217の原燃料分担率542に原燃料デマ

により中給からの負荷指令LDの関数として温度設定値550を得、リフォーマ出口水素リッチガス系温度検出器308で測定された温度信号551との偏差を求め(減算器451)、比例・積分等のフィード・バック制御演算を実施し(フィード・バック制御器453)、フィード・バック制御信号553を得る。一方、フィード・フォワード制御器454では、中給からの負荷指令LDの関数として弁208のフィード・フォワード制御信号555を求める。また、オーバ/アンダ・ファイアリング制御器452では、中給からの負荷指令LDの時間変化に応じて補助燃料をオーバ/アンダ・ファイアリングする制御信号554を求める。弁208の操作信号557は、上記のフィード・フォワード制御信号555、フィード・バック制御信号553およびオーバ/アンダ・ファイアリング制御信号554により決められる。弁220の操作信号558は、比率設定器457において弁208の操作信号557より、補助燃料114と補助空気118とが一定の比率を保持す

ンド526を掛けて求められる(乗算器439)。

また、水蒸気流量調節弁201の操作信号533は、次のようにして決定する。まず、主水素ガス系水分設定値発生器426により中給からの負荷指令LDの関数として主水素ガス系水分設定値527を得、主水素ガス系水分検出器304で測定された水分信号528との偏差を求め(減算器427)、比例・積分等のフィード・バック制御演算を実施し(フィード・バック制御器428)、フィード・バック制御信号530を得る。一方、フィード・フォワード制御器429では、中給からの負荷指令LDの関数として弁201のフィード・フォワード制御信号531を求める。弁201の操作信号533は、このフィード・フォワード制御信号531とフィード・バック制御信号530により決められる。

また、補助燃料調節弁208および補助空気量調節弁220の操作信号557および558は、第4図のようにして決定する。まず、リフォーマ出口水素リッチ・ガス系温度設定値発生器450

るように決定される。

第5図は、空気供給系206の機器構成を示す。図で、動力源は燃料改質装置202の排ガス108で、この排ガスでガス・タービン2062を駆動し、このガス・タービン2062に直結した圧縮機2063により、空気110の圧力を燃料電池で必要とする圧力まで上げ、燃料電池へ供給する。圧縮された空気111は、弁207(第1図)により燃料電池で必要とされる空気量を引き抜かれ、残りは弁2061を介してガス・タービン2062の排ガス109として排出される。

また、図では省略したが、圧縮空気111の一部は、改質装置202における水素燃焼用の空気としても使用される。

第6図は、空気供給系206に対する制御方式を示す。まず、主空気系圧力設定値発生器460において中給からの負荷指令LDの関数で弁207の前圧(主空気系圧力)561の設定値560を決め、主空気系圧力検出器309の出力561との偏差562を求める。次に、比例・積分等のフ

フィード・バック制御演算を実施し(ブロック462)、フィード・バック制御信号563を決定する。一方、フィード・フォワード制御器463では、中給からの負荷指令LDの関数として弁2061のフィード・フォワード信号564を決定する。又、ブロック465は、弁207と協調するための、弁207に対応した弁215の信号565を決定する。

次に、再循環系の制御系の一実施例を第7図を用いて説明する。図でまず、電池出口水素ガス系圧力設定値発生器470により中給からの負荷指令LDの関数として電池出口水素ガス系圧力設定値570を求める。次に、電池出口水素ガス系圧力信号571との偏差572を求め(ブロック471)、比例・積分等のフィード・バック制御演算を実施し(ブロック472)、フィード・バック制御信号573を決定する。一方、フィード・フォワード制御器473では、中給からの負荷指令LDの関数として水素再循環量調節弁210のフィード・フォワード信号574を求める。ま

た、圧力設定値585は、この差圧設定値583の他に、フィード・バック制御信号582、電池出口水素ガス系圧力信号571により決められ、電池出口空気系圧力検出312で測定された空気圧力信号586との偏差を求め(減算器478)、比例・積分等のフィード・バック制御演算を実施し(フィード・バック制御器479)、フィード・バック制御信号588を得る。また、フィード・フォワード制御器480では、中給からの負荷指令LDの関数として弁219のフィード・フォワード制御信号589を求める。弁219の操作信号591は、このフィード・フォワード制御信号589の他に、フィード・バック制御信号588、電池出口水素ガス系圧力偏差572により決められる。

本発明の一実施例においては、改質装置202への水蒸気102の供給量を主水素ガス系の水分フィード・バックにより制御するようにしたが(第3図参照)、第8図に示すように主水素ガス系の一酸化炭素(CO)濃度フィード・バックに

た、ブロック475は、酸素再循環量調節弁219の動作と協調して弁210を動作させるための機能であり、弁219の信号に対応して弁210の信号575を計算する。弁210の操作信号576は、これら3つの信号573、574、575の和として求められる。

また、同図の酸素再循環量調節弁219の操作信号591は、次のようにして決定する。まず、電池出口水素ガス系/空気系水分比設定値発生器483により中給からの負荷指令LDの関数として水素ガス系/空気系水分比設定値580を得、電池出口水素ガス系水分検出器306および電池出口空気系水分検出器307で測定された水分信号577、578の比579との偏差を求め(減算器411)、比例・積分等のフィード・バック制御演算を実施し(フィード・バック制御器485)、フィード・バック制御信号582を得る。一方、電池出口水素ガス系/空気系差圧設定値発生器476では、中給からの負荷指令LDの関数として差圧設定値583を求める。電池出口空気系

より制御するようにしてもよい。すなわち、まず、水素ガス系一酸化炭素濃度設定値発生器600により中給からの負荷指令LDの関数として主水素ガス系一酸化炭素設定値700を得、主水素ガス系一酸化炭素濃度検出器311で測定された一酸化炭素濃度信号701との偏差を求め(減算器601)、比例・積分等のフィード・バック制御演算を実施し(フィード・バック制御器602)、フィード・バック制御信号703を得る。一方、フィード・フォワード制御器603では、中給からの負荷指令LDの関数として弁201のフィード・フォワード制御信号704を求める。弁201の操作信号705は、このフィード・フォワード制御信号704とフィード・バック制御信号703により決められる。

発明の一実施例においては、中給からの負荷指令LDの関数として制御変数の設定値およびフィード・フォワード制御信号を決定するようにしたが、中給からの負荷指令LD相当の信号であればよい。例えば、電池出口電流でもよい。また、オ

ベレータにより設定された負荷デマンドでもよい。

発明の一実施例においては、電池出口空気系圧力設定値を電池出口水素ガス系圧力信号と電池出口水素ガス系／空気系差圧設定値により決めるようにしたが、電池出口水素ガス系圧力設定値と電池出口水素ガス系／空気系差圧設定値により決めるようにしてもよい。また、中給からの負荷指令LDの関数として電池出口空気系圧力設定値を決め、電池出口水素ガス系圧力設定値を電池出口水素ガス系／空気系差圧設定値と電池出口空気系圧力信号あるいは電池出口空気系圧力設定値により決めるようにしてもよい。

発明の一実施例においては、電池出口水素濃度と電池出口酸素濃度をそれぞれ電池水素ガス流量と電池空気流量により制御し、電池出口水素ガス系圧力と電池出口空気系圧力をそれぞれ水素再循環量と空気再循環量により制御するようにしたが、電池出口水素ガス系圧力と電池出口空気系圧力をそれぞれ電池水素ガス流量と電池空気流量により制御し、電池出口水素濃度と電池出口酸素濃度を

それぞれ水素再循環量と空気再循環量により制御するようにしてもよい。

発明の一実施例においては、改質装置202への水蒸気102の供給量を主水素ガス系の水分に応じて決めるようにしたが、原料の組成を計測してこの結果に従って改質装置202への水蒸気102の供給量を決めるようにしてもよい。

発明の一実施例においては、改質装置および燃料電池の運転条件（温度、圧力）は予め決めておいたものを利用するようにしたが、原料の組成を計測してこの結果に従って改質装置および燃料電池の運転条件を決定し、この条件により改質装置および燃料電池を運転するようにしてもよい。

発明の一実施例においては、燃料電池の温度制御系を例示しなかつたが、この制御系は、中給からの負荷指令に従って、燃料電池冷却水流量をフィード・フォワード制御し、負荷指令の関数として決められる燃料電池の温度設定値と温度計測値との偏差をフィード・バック制御処理した信号により燃料電池冷却水流量を補正制御する。

本発明は、燃料電池出口の水素濃度および酸素濃度が所定の値になるように燃料電池の水素ガスおよび酸素ガス再循環流量を調節するので、燃料電池発電プラントの効率を向上させることができる効果がある。

#### 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の制御対象である燃料電池発電プラントの概略構成、第2図は、燃料電池制御系の一実施例、第3、4図は、燃料改質装置制御系の一実施例、第5図は、空気供給系の機器構成、第6図は、空気供給系の制御系の一実施例、第7図は、再循環系の制御系の一実施例、第8図は、燃料改質装置制御系の他の実施例を示す。

101…原料、102…水蒸気、103…水素リッチ・ガス、104…主水素ガス、105…電池入口水素ガス、106…電池出口電流、107…電池出口水素ガス、108…改質装置排ガス、109…排ガス、110…空気、111…加圧空気、112…電池入口空気、113…電池出口空気、114…補助燃料、115…原料(LNG)、

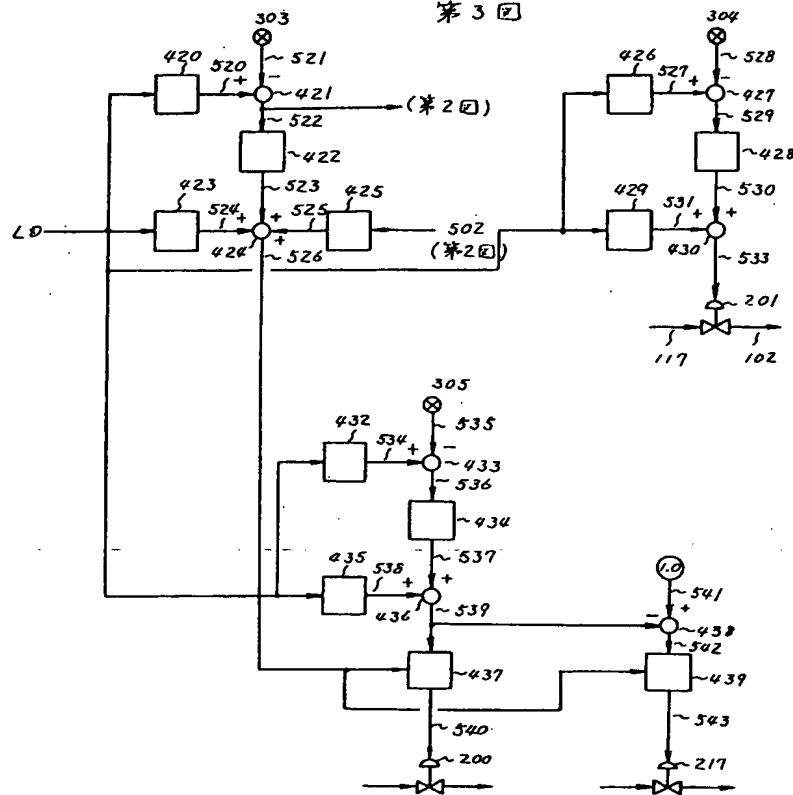
116…原料(ナフサ)、117…水蒸気、118…補助空気、200…原料(LNG)調節弁、201…水蒸気流量調節弁、202…改質装置(リフォーマ)、203…シフト・コンバータ、204…電池水素ガス調節弁、205…電池、206…空気供給系、207…電池空気量調節弁、208…補助燃料調節弁、209…水素再循環ファン、210…水素再循環量調節弁、211…水分回収熱交換器、212…排水量調節弁、213…水分回収熱交換器、214…排水量調節弁、215…水分回収熱交換器、216…排水量調節弁、217…原料(ナフサ)調節弁。

代理人 弁理士 高橋明夫

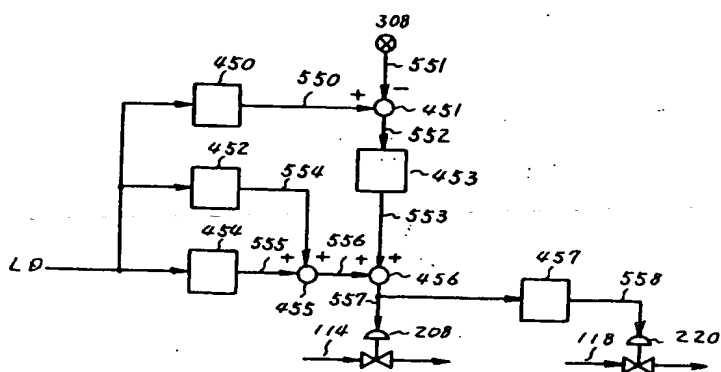




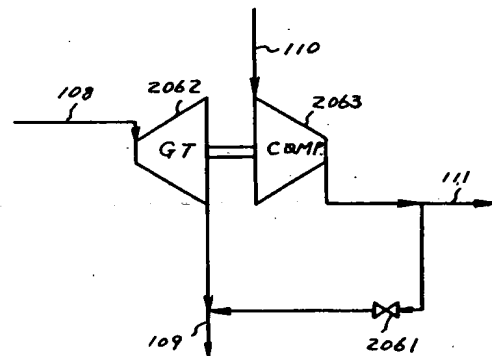
第3図



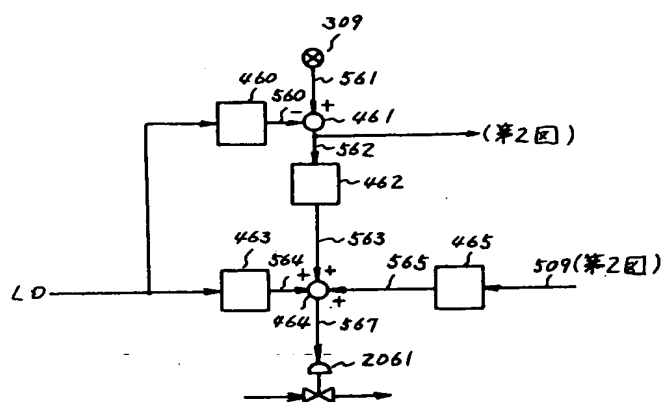
第4図



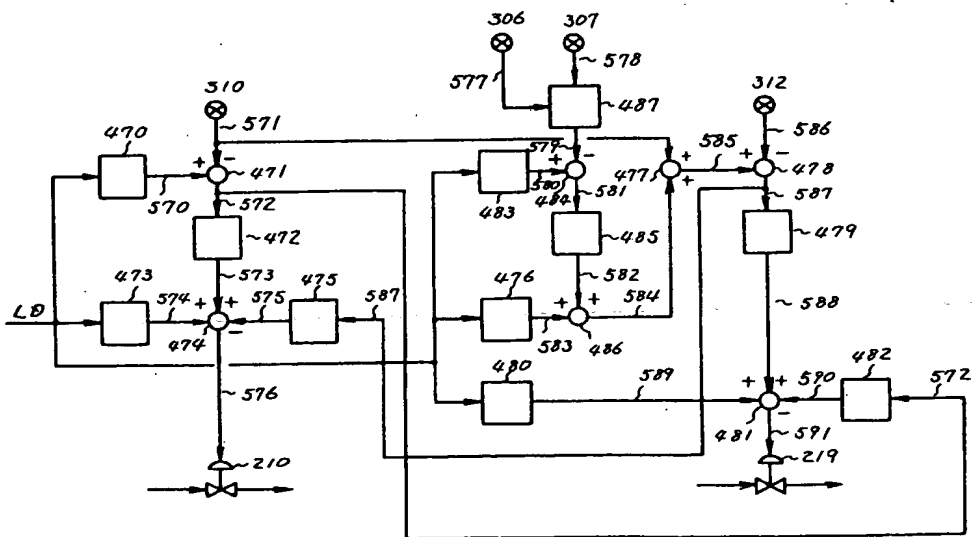
第5図



第6図



第7図



第8図

